

原材料·配方

# 废旧轮胎裂解炭黑/炭黑N660并用在轮胎 溴化丁基橡胶气密层胶中应用的研究

裴宝民,王慧鑫,陈晓燕,周士峰,马立成,管清钰

(双星集团有限责任公司,山东 青岛 266400)

**摘要:**研究与60份炭黑N660相比,15份废旧轮胎裂解炭黑(CBp)/45份炭黑N660并用对轮胎溴化丁基橡胶(BIIR)气密层胶性能的影响。结果表明:与炭黑N660相比,CBp的灰分含量和筛余物含量大,DBP吸收值略小;与60份炭黑N660填充的BIIR胶料相比,15份CBp/45份炭黑N660并用填充的BIIR胶料的硫化特性变化不大,拉断伸长率减小,300%定伸应力和拉伸强度增大,耐热空气老化性能无明显变化,气密性相当,即采用15份CBp替代15份炭黑N660的BIIR气密层胶在保证使用性能的前提下,有效降低了生产成本。

**关键词:**废旧轮胎裂解炭黑;炭黑N660;溴化丁基橡胶;轮胎气密层;气密性

**中图分类号:**TQ333.6;TQ330.38<sup>†</sup>1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1000-890X(2023)04-0283-05

**DOI:**10.12136/j.issn.1000-890X.2023.04.0283



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

近年来,随着全球经济的快速增长,汽车工业发展迅速,2010年后我国已取代美国和欧洲成为世界上最大的汽车市场<sup>[1]</sup>。随着轮胎消耗量的逐渐增大,废旧轮胎的产生量也日益增大,由于交联形成的三维网状结构,硫化胶在自然条件下很难被降解<sup>[2-3]</sup>,因此造成废旧轮胎大量囤积,不仅造成资源浪费,还导致严重的“黑色”污染,废旧轮胎的综合利用已成为社会关注点<sup>[4-6]</sup>。目前处理废旧轮胎的主要方法有制备胶粉和再生胶、掩埋、焚烧、翻新、热裂解等<sup>[7]</sup>,其中热裂解是在无氧或缺氧条件下,通过高温使废旧轮胎裂解为气、液和固3种状态的产物<sup>[8]</sup>,可高效处理全种类轮胎,实现对废旧轮胎100%不降级回收的循环利用,对推动生态文明建设和循环经济发展具有重要意义。

废旧轮胎裂解炭黑(CBp)是废旧轮胎在微负压和高温条件下热裂解生成的炭渣经磁选除杂、

超细研磨、表面活化改性、造粒和干燥等处理后得到的固相产物,其质量占废旧轮胎热裂解总产物质量的35%左右<sup>[9]</sup>。但是,目前CBp的产业化应用仍面临极大挑战,进一步扩大CBp在橡胶制品中应用和发挥高值化市场价值是实现废旧轮胎资源循环利用的关键,也是目前行业研究的热点<sup>[10-11]</sup>。

本工作研究与60份炭黑相比,15份CBp/45份炭黑N660并用在轮胎溴化丁基橡胶(BIIR)气密层胶中的应用,以期在不降低BIIR气密层胶料性能的前提下,采用CBp等量部分替代炭黑N660以降低胶料成本和扩大CBp工业化应用,为实现废旧轮胎资源的循环利用和减少环境污染做出贡献。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

BIIR,牌号2842,山东京博石油化工有限公司

**基金项目:**国家重点研发计划项目(2018YFC1902604)

**作者简介:**裴宝民(1981—),男,山东青岛人,双星集团有限责任公司工程师,主要从事全钢子午线轮胎的配方设计和废旧轮胎裂解炭黑的应用研究。

**E-mail:**18765999670@163.com

**引用本文:**裴宝民,王慧鑫,陈晓燕,等.废旧轮胎裂解炭黑/炭黑N660并用在轮胎溴化丁基橡胶气密层胶中应用的研究[J].橡胶工业,2023,70(4):283-287.

**Citation:** PEI Baomin, WANG Huixin, CHEN Xiaoyan, et al. Study on application of waste tire pyrolysis carbon black/carbon black N660 blending in BIIR inner liner compound of tire[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(4): 283-287.

橡胶分公司商品;天然橡胶(NR),SMR20,马来西亚产品;炭黑N660,山东联科科技股份有限公司产品;CBp,青岛伊克斯达科技有限公司产品;硬脂酸,杭州油脂化工有限公司产品;氧化锌,石家庄志亿锌业有限公司产品;氧化镁,运城运盛化工有限公司产品;环保型芳烃油V500,宁波汉圣化工有限公司产品;烃类树脂混合物RH100,连云港锐巴化工有限公司产品;辛基酚醛树脂SL-1801,彤程新材料集团股份有限公司产品;硫黄,青岛城阳双埠硫黄加工厂产品;促进剂DM,科迈化工股份有限公司产品。

## 1.2 配方

### 1.2.1 评价炭黑的NR胶料配方

根据GB/T 3780.18—2017确定评价炭黑的NR胶料配方。

1<sup>#</sup>配方(用量/份):NR 100,炭黑N660 60,硬脂酸 3,氧化锌 5,硫黄 2.5,促进剂DM 0.6。

2<sup>#</sup>配方:60份CBp替代60份炭黑N660,其他组分及用量同1<sup>#</sup>配方。

### 1.2.2 轮胎的BIIR气密层胶配方

3<sup>#</sup>配方(用量/份):BIIR 100,炭黑N660 60,硬脂酸 2,氧化锌 3.7,氧化镁 1,环保型芳烃油V500 10,烃类树脂混合物RH100 6,辛基酚醛树脂SL-1801 4,硫黄 0.5,促进剂DM 1.5。

4<sup>#</sup>配方:45/15用量比炭黑N660/CBp替代60份炭黑N660,其他组分及用量同3<sup>#</sup>配方。

## 1.3 主要设备和仪器

BB-1600IM型密炼机,日本株式会社神戸制钢所产品;BL-6175-AL型高低温开炼机,东莞宝轮精密检测仪器有限公司产品;XLB-D 500×500×2型平板硫化机,浙江湖州东方胜莱机械有限公司产品;PREMIER MV型门尼粘度仪和PREMIER MDR2000型无转子硫化仪,美国阿尔法科技有限公司产品;WAH17A型邵尔A型硬度计,上荣邦(北京)科技有限公司提供;5965型电子万能材料试验机,美国英斯特朗公司产品;Digitest II型高低温回弹试验机,德商博锐仪器(上海)有限公司产品;VAC-V2型压差法气体渗透仪,山东济南兰光机电技术有限公司产品。

## 1.4 试样制备

### 1.4.1 NR胶料

在密炼机中加入NR,塑炼30 s,加入促进剂

DM、硬脂酸、氧化锌和1/2炭黑,混炼3 min,再加入剩余的1/2炭黑,混炼1.5 min,最后加入硫黄,混炼2 min,排胶至辊距为0.8~1.0 mm、辊温为(70±5)℃的开炼机上补充加工,胶料薄通3次后在6 mm辊距下出片,混炼胶停放8 h后使用。

将NR混炼胶在平板硫化机上硫化,硫化条件为145℃×30 min。

### 1.4.2 BIIR胶料

BIIR胶料采用二段混炼。一段混炼工艺为:在密炼机中加入BIIR、硬脂酸、氧化镁、烃类树脂混合物RH-100和辛基酚醛树脂SL-1810,混炼20 s,再加入炭黑和环保型芳烃油V500,混炼2.5 min或128℃,排胶至开炼机上补充加工,胶料薄通3次后出片,一段混炼胶停放4 h后使用。二段混炼工艺为:在密炼机中加入一段混炼胶,混炼20 s,再加入硫黄、促进剂DM和氧化锌,混炼2 min或100℃,排胶至开炼机上补充加工,薄通3次后在2.2 mm辊距下出片,二段混炼胶停放8 h后使用。

BIIR混炼胶在平板硫化机上硫化,硫化条件为160℃×30 min。

## 1.5 性能测试

(1)邵尔A型硬度。硫化胶的邵尔A型硬度按照GB/T 2411—2008进行测试。

(2)拉伸性能。硫化胶的拉伸性能按照GB/T 528—2009进行测试。

(3)耐热空气老化性能。硫化胶的耐热空气老化性能按照GB/T 3512—2014进行测试。

(4)其他性能。其他性能测试均按照相应的国家标准进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 CBp和炭黑N660的理化性质

CBp和炭黑N660的理化性质如表1所示。

由表1可以看出,CBp的理化性质与炭黑N660有一定差异。其中,CBp的灰分含量远大于炭黑N660,这是因为废旧轮胎热裂解过程中胶料中的白炭黑、轻质氧化钙和氧化锌等无机物无法裂解,作为灰分留存,CBp的灰分含量大<sup>[12]</sup>,而炭黑N660是由煤焦油经过不完全燃烧制得的,其灰分含量小;CBp的DBP吸收值略小于炭黑N660,表明CBp结构度较低,这可能是由于CBp粒子聚集体大小不

表1 CBp和炭黑N660的理化性质  
Tab. 1 Physical and chemical properties of CBp and carbon black N660

项 目	炭黑N660测试值	CBp		测试方法
		测试值	HG/T 5459	
灰分质量分数/%	0.3	17.0		GB/T 3780.10—2017
氮吸附比表面积/( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )	71.0	65.6		GB/T 10722—2014
DBP吸收值 $\times 10^5/(\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1})$	92.0	72.6	$\geq 60$	GB/T 3780.2—2017
125 °C加热减量/%	0.1	1.13	$\leq 2.0$	GB/T 3780.8—2008
pH值		8.7	8.8	GB/T 3780.7—2016
45 $\mu\text{m}$ 筛余物含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0.03	113.00	$\leq 500$	GB/T 3780.21—2016
单个粒子破碎强度/cN	24.0	46.8		GB/T 14853.6—2013

均一、排列较为紧密和聚集体间缝隙较小,而且大量灰分沉积易堵塞CBp一次结构表面的孔隙,使孔隙体积减小<sup>[13-14]</sup>;CBp的45  $\mu\text{m}$ 筛余物含量远大于炭黑N660,这可能与CBp的灰分含量较大有关。但总体来看,CBp的理化性质达到符合传统商业炭黑的标准要求。

## 2.2 NR硫化胶的物理性能

填充不同炭黑的NR硫化胶的物理性能如表2所示。

表2 填充不同炭黑的NR硫化胶的物理性能  
Tab. 2 Physical properties of NR vulcanizates filled with different carbon black

项 目	配方编号	
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>
密度/( $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	1.142	1.136
邵尔A型硬度/度	62	58
100%定伸应力/MPa	3.6	3.0
300%定伸应力/MPa	15.6	9.8
拉伸强度/MPa	21.0	19.0
拉断伸长率/%	393	447
撕裂强度/( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ )	48	44
回弹值/%	65.5	67.0

由表2可以看出:与1<sup>#</sup>配方NR硫化胶相比,2<sup>#</sup>配方NR硫化胶的拉伸强度变化不大,表明CBp对NR具有较好的补强性能,这可能与CBp中具有部分高补强性能的炭黑,如炭黑N110和N330等有关;2<sup>#</sup>配方NR硫化胶的100%定伸应力、300%定伸应力和撕裂强度较小,拉断伸长率较大,这可能是因为CBp的灰分含量大,表面活性位点易被覆盖,其表面活性和结构度会被影响,且部分CBp是由橡胶大分子链碳化制得,含有杂质,吸附能力减弱,从而会降低CBp与NR的交联密度<sup>[15]</sup>。

## 2.3 BIIR胶料的硫化特性

鉴于对CBp的理化性质达到传统商业炭黑的

标准要求以及CBp对NR具有较好补强性能的综合考量,确定CBp等量部分替代炭黑N660用于轮胎BIIR气密层胶中是可行性的,即CBp等量部分替代炭黑N660可在保证BIIR胶料使用性能的前提下,降低胶料的成本,因此本工作使用15份CBp/45份炭黑N660并用填充BIIR胶料。填充不同炭黑的BIIR胶料的硫化特性如表3所示。

表3 填充不同炭黑的BIIR胶料的硫化特性  
Tab. 3 Vulcanization characteristics of BIIR compounds filled with different carbon black

项 目	配方编号	
	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
门尼粘度[ML(1+4)100 °C]	59	55
门尼焦烧时间 $t_5$ (127 °C)/min	25.91	25.01
硫化仪数据(160 °C)		
$F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	1.40	1.33
$F_{\text{max}}/(\text{dN} \cdot \text{m})$	6.30	5.98
$F_{\text{max}} - F_L/(\text{dN} \cdot \text{m})$	4.90	4.65
$t_{10}/\text{min}$	2.80	2.83
$t_{90}/\text{min}$	19.83	18.90

由表3可以看出:与3<sup>#</sup>配方BIIR胶料相比,4<sup>#</sup>配方BIIR胶料的门尼粘度降低,这是因为CBp的结构度较低和灰分含量大,使得炭黑纯度降低,从而降低了BIIR胶料的门尼粘度;4<sup>#</sup>配方BIIR胶料的 $t_{90}$ 缩短,原因是CBp组分较为复杂,灰分中残留的氧化锌等配合剂起活化剂的作用,加速BIIR胶料中硫化反应的进行; $F_{\text{max}} - F_L$ 可表征BIIR胶料的交联密度,4<sup>#</sup>配方BIIR胶料的交联密度也略微减小。综上所述,CBp等量部分替代炭黑N660填充的BIIR胶料的硫化特性略有降低,但总体变化不大,即在实际生产中CBp等量部分替代炭黑后胶料的生产工艺无需调整。

## 2.4 BIIR硫化胶的物理性能

填充不同炭黑的BIIR硫化胶的物理性能如表

4所示。

表4 填充不同炭黑的BIIR硫化胶的物理性能和气密性  
Tab. 4 Physical properties and air tightness of BIIR vulcanizates filled with different carbon black

项 目	配方编号	
	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )	1.142	1.137
邵尔A型硬度/度	45	45
300%定伸应力/MPa	2.9	3.2
拉伸强度/MPa	7.5	8.5
拉断伸长率/%	788	729
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	31	31
回弹值/%	10.5	10.6
炭黑分散度	4.4	3.0
100℃×48h热空气老化后		
密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )	1.140	1.134
邵尔A型硬度/度	47	47
300%定伸应力/MPa	3.0	3.2
拉伸强度/MPa	8.1	8.8
拉断伸长率/%	803	763
撕裂强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	32	31
透气量×10 <sup>11</sup> /(m <sup>3</sup> ·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ·Pa <sup>-1</sup> )	6.58	6.62
透气率×10 <sup>19</sup> /(m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·Pa <sup>-1</sup> )	3.53	3.43

从表4可以看出:与3<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶相比,4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的拉断伸长率减小,300%定伸应力和拉伸强度增大,这是因为CBp中含有部分高结构度和高比表面积的炭黑,CBp的粒径分布较宽,补强性能较好;4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的炭黑分散度减小,表明CBp在BIIR胶料中分散不均匀,从而使BIIR硫化胶抵抗大应变的能力减弱,进而易断裂;4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的耐热空气老化性能相当。总之,4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的物理性能仍可以达到轮胎气密层胶的要求。

轮胎气密层是保证汽车行驶安全性的关键部件,其气密性对汽车而言尤为重要<sup>[16-17]</sup>。BIIR硫化胶的透气量和透气率越大,其气密性越差,因此BIIR硫化胶的透气量和透气率是衡量CBp能否部分替代炭黑N660用于轮胎气密层的关键性能指标。由表4还可以看出,与3<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶相比,4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的透气量和透气率相当,表明CBp等量部分替代炭黑N660对BIIR硫化胶的气密性不会产生明显影响。

## 2.5 成本分析

综上所述,在不影响BIIR气密层胶使用性能的前提下,CBp可等量部分替代炭黑N660用于BIIR胶料。根据实时原材料的市价计算,

CBp价格为0.36万元·kg<sup>-1</sup>和炭黑N660价格为0.73万元·kg<sup>-1</sup>,对于3<sup>#</sup>和4<sup>#</sup>配方,当15份CBp替代15份炭黑N660时,BIIR混炼胶的成本可降低0.294万元·kg<sup>-1</sup>。按每条轮胎需要BIIR气密层胶3.5kg计算,采用15份CBp替代15份炭黑的4<sup>#</sup>配方气密层胶轮胎可降低成本约1元,则年产百万条载重轮胎的生产线每年可降低成本约100万元,经济效益明显。

## 3 结论

(1)与炭黑N660相比,CBp的灰分含量和45μm筛余物含量大,DBP吸收值略小,但其理化性质达到传统商业炭黑的标准要求。

(2)与3<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶相比,4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的炭黑分散度和拉断伸长率减小,300%定伸应力和拉伸强度增大,耐热空气老化性能未发生明显变化,但其物理性能仍能够达到对轮胎气密层胶的要求。

(3)与3<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶相比,4<sup>#</sup>配方BIIR硫化胶的透气量和透气率相当,表明15份CBp替代15份炭黑N660对轮胎BIIR气密层胶的气密性影响不大,且能够有效地降低原材料成本,提高轮胎产品竞争力。

## 参考文献:

- [1] YU J X, XU J Q, LI Z C, et al. Upgrading pyrolytic carbon-blacks (CBp) from end-of-life tires: Characteristics and modification methodologies[J]. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 2020, 14(2): 19.
- [2] ZHANG X, LI H X, CAO Q, et al. Upgrading pyrolytic residue from waste tires to commercial carbon black[J]. Waste Management & Research, 2018, 36(5): 436-444.
- [3] 胡国华, 张一帆, 张立群. 废橡胶裂解研究进展[J]. 高分子通报, 2017(12): 1-13.  
HU G H, ZHANG Y F, ZHANG L Q. Progress of waste rubber in the application of pyrolysis[J]. Chinese Polymer Bulletin, 2017(12): 1-13.
- [4] 朱永康. 热解和工业炭黑填充丁苯橡胶的结构和性能[J]. 现代橡胶技术, 2018, 44(6): 23-35.  
ZHU Y K. Structure and properties of styrene butadiene rubber filled with pyrolysis carbon black and industrial carbon black[J]. Advanced Rubber Technology, 2018, 44(6): 23-35.
- [5] MIANDAD R, BARAKAT M, ABURIAZAIZA A, et al. Effect of plastic waste types on pyrolysis liquid oil[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2017, 119: 239-252.

- [6] 李睿,杨帆. 掺废轮胎热解再生炭黑的沥青制备工艺及技术性能探讨[J]. 石油沥青, 2018, 32(5): 59-66.  
LI R, YANG F. Study on the technology performance and preparation method of asphalt added recycled carbon black come from pyrolysing disused tire[J]. Petroleum Asphalt, 2018, 32(5): 59-66.
- [7] YAZDANI E, HASHEMABADI S H, TAGHIZADEH A. Study of waste tire pyrolysis in a rotary kiln reactor in a wide range of pyrolysis temperature[J]. Waste Management, 2019, 85: 195-201.
- [8] 李晓英. 炭黑CF601在轮胎气密层胶中的应用[J]. 橡塑资源利用, 2019(4): 6-10.  
LI X Y. Application of carbon black CF601 in inner-liner of tire[J]. Rubber & Plastics Resources Utilization, 2019(4): 6-10.
- [9] 刘英俊, 朱娟弟, 李彦霆, 等. 不同牌号废轮胎裂解炭黑对SBR加工性能及硫化胶性能的影响[J]. 世界橡胶工业, 2016, 43(7): 6-11.  
LIU Y J, ZHU J D, LI Y T, et al. Effect of CBp from different manufactures on the performance of SBR[J]. World Rubber Industry, 2016, 43(7): 6-11.
- [10] 崔勇, 王文亮, 常建民. 热解温度对木质素与废旧橡胶催化共热解特性的影响规律[J]. 东北林业大学学报, 2019, 47(8): 88-92.  
CUI Y, WANG W L, CHANG J M. Effects of pyrolysis temperature on pyrolysis characteristics of catalytic co-pyrolysis of lignin and waste rubber[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2019, 47(8): 88-92.
- [11] 高世双, 陈义中, 黎宁, 等. 裂解炭黑在轮胎气密层中的应用[J]. 轮胎工业, 2018, 38(1): 35-38.  
GAO S S, CHEN Y Z, LI N, et al. Application of pyrolysis carbon black in inner-liner of tire[J]. Tire Industry, 2018, 38(1): 35-38.
- [12] 周作艳, 夏琳, 王军晓, 等. 废轮胎热解炭黑在天然橡胶中的应用研究[J]. 橡胶工业, 2018, 65(1): 56-59.  
ZHOU Z Y, XIA L, WANG J X, et al. Application of pyrolytic carbon black from waste tires in natural rubber[J]. China Rubber Industry, 2018, 65(1): 56-59.
- [13] 乔慧君. 废旧轮胎热裂解炭黑改性及应用的研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2015.  
QIAO H J. Study on modification and application of waste tire pyrolysis carbon black[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2015.
- [14] 葛瀚文, 董慧欣, 苏冠蓉, 等. 废旧轮胎热裂解残渣资源化利用工艺研究进展[J]. 再生资源与循环经济, 2019, 12(10): 24-27.  
GE H W, DONG H X, SU G R, et al. Research progress on resource utilization technology of waste tire thermal cracking residue[J]. Recycling Resources and Circular Economy, 2019, 12(10): 24-27.
- [15] 王永军. 废旧工程轮胎热解炭黑的复合改性及其在力车胎中的应用[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2016.  
WANG Y J. Composite modification of waste OTR tire pyrolysis carbon black and its application in cycle tire[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2016.
- [16] 刘娟, 孙宝兴, 姜在胜, 等. 全溴化丁基橡胶气密层配方研究[J]. 轮胎工业, 2017, 37(6): 340-343.  
LIU J, SUN B X, JIANG Z S, et al. Study on inner liner formulation based on full brominated butyl rubber[J]. Tire Industry, 2017, 37(6): 340-343.
- [17] 张庆斌, 谭博文, 陆国龙, 等. 高岭土在轮胎气密层中对气密性影响[J]. 非金属矿, 2019, 42(5): 104-106.  
ZHANG Q B, TAN B W, LU G L, et al. Effect of kaolin on gas barrier properties of tire inner liner[J]. Non-Metallic Mines, 2019, 42(5): 104-106.

收稿日期: 2022-11-16

## Study on Application of Waste Tire Pyrolysis Carbon Black/Carbon Black N660 Blending in BIIR Inner Liner Compound of Tire

PEI Baomin, WANG Huixin, CHEN Xiaoyan, ZHOU Shifeng, MA Licheng, GUAN Qingyu

(Doublestar Group Co., Ltd, Qingdao 266400, China)

**Abstract:** The effect of 15 phr waste tire pyrolysis carbon black (CBp) /45 phr carbon black N660 blending on the properties of the bromobutyl rubber (BIIR) inner liner compound of tire was studied and compared with 60 phr carbon black N660. The results showed that, compared with carbon black N660, CBp had larger ash content and larger sieve residue content and slightly smaller DBP absorption value. Compared with the BIIR compound filled with 60 phr carbon black N660, the vulcanization characteristics of the BIIR compound filled with 15 phr CBp/45 phr carbon black N660 blend had little change, the elongation at break decreased, the tensile stress at 300% elongation and tensile strength increased, the hot air aging resistance had no obvious change, and the air tightness was equivalent. Therefore, with 15 phr CBp replacing 15 phr carbon black N660 in the BIIR inner liner compound, the production cost was effectively reduced under the premise of ensuring performance.

**Key words:** waste tire pyrolysis carbon black; carbon black N660; BIIR; tire inner liner; air tightness